

РАЗДЕЛ 4.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

УДК 556.51(282.254.21)

**НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ЭЛЬ-АСИ (ОРОНТ)**

Никифорова А. А.¹, Табунищик В. А.²

^{1,2}*Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Севастополь,
Российская Федерация.*

E-mail: ¹nikiforova_a@ibss-ras.ru, ²tabunshchik@ibss-ras.ru

В статье представлены результаты морфометрического анализа бассейна реки Эль-Аси (Оронт) с использованием геоинформационных технологий, направленного на оценку его гидрологических и геоморфологических особенностей. На основе данных дистанционного зондирования и ГИС-анализа определены ключевые параметры бассейна, включая площадь (24 660 км²), коэффициенты формы (0,12) и вытянутости (8,56), средний уклон (4,0 м/км) и пространственное распределение высот (от -3,2 до 3250 м). Установлено, что бассейн характеризуется выраженной асимметрией рельефа с преобладанием крутых склонов, что определяет особенности формирования стока и эрозионные процессы. Выявленные территориальные различия морфометрических показателей между странами (Сирия – 69% площади бассейна, Турция – 22,8%, Ливан – 8%) свидетельствуют о необходимости дифференцированного подхода к управлению водными ресурсами в трансграничном контексте.

Ключевые слова: морфометрия, трансграничный бассейн, ГИС-анализ, гидрологические процессы, управление водными ресурсами, река Эль-Аси, бассейн реки.

ВВЕДЕНИЕ

Реки играют большую роль в природном, хозяйственном и экологическом комплексах [1, 2, 3]. Морфометрические характеристики водосборных бассейнов играют ключевую роль в понимании гидрологических и экологических процессов [4]. Эти параметры, включая площадь бассейна, длину реки и уклон, определяют характер водного режима, объем стока и распределение воды. В условиях современных экологических вызовов, таких как изменение климата и антропогенное воздействие, исследование морфометрии становится особенно актуальным [5]. Оно позволяет оценить влияние природных и искусственных факторов на водные ресурсы и экосистемы, что имеет важное значение для разработки стратегий их рационального использования и охраны.

Морфометрия водосборных бассейнов представляет собой основу для анализа гидрологических процессов, таких как формирование стока, его объем и скорость. Эти параметры также оказывают влияние на экологические системы, включая биоразнообразие и устойчивость экосистем. Понимание взаимосвязей между морфометрическими характеристиками и гидроэкологическими процессами позволяет прогнозировать изменения водного режима и их последствия для окружающей среды [6, 7]. Это знание важно для управления водными ресурсами, особенно в регионах с ограниченными водными запасами [2, 3, 6, 7].

Имеется большое количество зарубежных и отечественных исследований по изучению морфометрических характеристик речных бассейнов и их производных. Например, в Индии [4] был исследован речной бассейн Дебнала. В исследовании были получены морфометрические параметры (линейные, площадные и рельефные). А также выравнивание ЦМР на сетке 1 км² по всему бассейну. Все параметры были объединены, и назначена взвешенная оценка для определения приоритетов скорости диспассии почвы. Результаты показывают, что четырнадцать суббассейнов имеют высокий потенциал эрозии почвы. В Турции [8] команда ученых сопоставила результаты морфометрии бассейна и гидродинамического моделирования для оценки потенциала наводнений в поселке Улус. Морфометрические параметры, рассчитанные на основе данных ТороDEM, были оценены с использованием метода нормализованного морфометрического индекса наводнений (NMFI). Результаты показали, что суббассейн Сулеймана обладает наивысшим потенциалом генерации наводнений, за ним следуют суббассейны Альпи, Улус и Эльдес. В статье Quaicoe, Julia [5] исследуется использование морфометрии дренажа и аналитического иерархического процесса многокритериального принятия решений для расшифровки морфологии бассейна и восприимчивости к наводнениям неизмеренного бассейна реки Какум с использованием данных дистанционного зондирования. Результаты исследования демонстрируют эффективность данных дистанционного зондирования в понимании морфологии и оценке риска наводнений в регионах с дефицитом данных, таких как Гана, тем самым предоставляя ценную информацию для управления наводнениями. В работе Погорелова [9] впервые для бассейна р. Кубани на основе гидрологически корректной цифровой модели рельефа (DEM) выполнен комплекс картометрических и морфометрических расчетов с использованием ГИС, включающий автоматизированное построение карт эрозионной сети (1–11 порядков), густоты горизонтального и вертикального расчленения. Созданный методический и картографический аппарат позволил осуществить построение карт комплексных морфометрических показателей, базисных и остаточных поверхностей, что заложит геоморфологическую основу для оценки влияния рельефа на формирование региональной геологии. В статье Бондарева [10] выявляется вклад осыпей в сток наносов малых водосборных бассейнов посредством морфометрического анализа речных бассейнов горных систем России. В бассейне реки Урал [1] были проанализированы некоторые морфометрические характеристики, русловая эрозия, плановые переформирования русла в различных ландшафтных зонах Западно-Казахстанской области.

Целью данного исследования является анализ морфометрических характеристик водосборного бассейна реки Эль-Аси (Оронт) и их влияния на гидрологические и экологические процессы в регионе. Проведенный анализ позволит оценить роль морфометрии в формировании водного режима и разработать рекомендации для управления водными ресурсами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными морфометрическими параметрами водосборного бассейна являются площадь, длина реки, наклон и форма бассейна. Площадь бассейна определяет объем поступающей воды, длина реки влияет на время её доставки к устью, а наклон определяет скорость стока. Важным аспектом является распределение притоков внутри речных бассейнов, которое изучается по таким параметрам, как длина водотока, площадь бассейна и густота речной сети, как отмечает Вишнякова [11].

Площадь бассейна влияет на объём и характер поверхностного стока, регулируя распределение воды в регионе. Чем больше площадь бассейна, тем более значительный объём воды может быть собран и перераспределён в его пределах, что особенно важно для засушливых регионов, где водные ресурсы имеют критическое значение.

Геопространственные методы (RS и GIS) недавно появились как важные инструменты для оценки экологических проблем и обеспечения полного развития области речного бассейна [4]. Для расчета основных морфометрических характеристик речного бассейна были использованы показатели, описанные в работах [12, 13, 14, 15, 16] и представленные в таблице (табл. 1).

Таблица 1.

Основные морфометрические характеристики речного бассейна

Показатель	Формула
1	2
Площадь бассейна, км ²	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Периметр, км	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Изрезанность очертаний водораздельной линии бассейна (Коэффициент округлости)	$K = P / 2 \sqrt{\pi A}$ где P — длина водораздельной линии, A — площадь бассейна реки.
Наибольшая высота, м	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Наименьшая высота, м	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Средняя высота бассейна реки, м	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Наибольший наклон поверхности, градусы	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Средний наклон поверхности, градусы	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Длина основного водотока, км	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS

**НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ЭЛЬ-АСИ (ОРОНТ)**

Продолжение таблицы 1

1	2
Параметр формы бассейна (коэффициент вытянутости водосбора)	$BSF = L^2/A$ где L — длина основного водотока, км, A — площадь бассейна реки
Коэффициент формы	$S = A/L^2$ где L — длина основного водотока, км, A — площадь бассейна реки
Длина речного бассейна, км	Встроенные инструменты программного комплекса ArcGIS
Средний уклон бассейна реки, м/км	$I = (H_{и}-H_0)/L$ $H_{и}$ — абсолютная отметка истока, м; H_0 — абсолютная отметка устья, м; L — длина основного водотока, км
Средняя ширина бассейна, км	$B = A/L$ где A — площадь бассейна, а L — длина оси бассейна.

Источник: оставлено авторами по [12, 13, 14, 15, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования охватывает бассейн реки Эль-Аси (Оронт). Река расположена в Западной Азии, к северу от Аравийского полуострова, на восточной оконечности Средиземного моря, между 34°11'49" с. ш. 36°21'9" в.д. — исток и 36°2'43" с. ш. 35°57'49" в. д. — устье (рисунок 1) [17, 18, 19]. Река берёт начало в Ливане, протекает через Сирию и Турцию и впадает в Средиземное море, является одним из важных источников воды на Ближнем Востоке [19, 20, 21].

Сегодня река Эль-Аси (Оронт) используется для орошения 6% территории в Ливане, 36% в Турции и 58% в Сирии, что составляет ориентировочно 350 000 гектаров земли. В долине Бекаа в Ливане орошение обеспечивает питание полевых и плодовых культур. Мохафазат Идлеб и долина Аль-Габ в Сирии получают наибольшую ирригацию. В Турции используются плотины Ярсели и Карамнали.

В литературе нет устоявшихся данных о площади водосборного бассейна реки Эль-Аси (Оронт). Площадь водосборного бассейна реки Эль-Аси (Оронт) и её приуроченность к различным странам (в процентах) разными исследователями рассчитывается по-разному. Для площади водосборного бассейна реки Эль-Аси (Оронт) указываются следующие значения: 21 660 км² [23], 24 660 км² [24], 26 530 км² [20]; при этом 2016 км² приходится на Ливан (8 %) [20, 23, 24], от 67 (17 881 км²) [20] до 70 % — на Сирию [23, 24], от 23 [23, 24] до 25 % (6 633 км²) — на Турцию [20]. Согласно [17] длина реки Эль-Аси (Оронт) составляет 571 км, средний расход воды около 80 м³/с.

В результате исследования получены карты высоты над уровнем моря, наклона поверхности и экспозиции склонов (рис. 2).

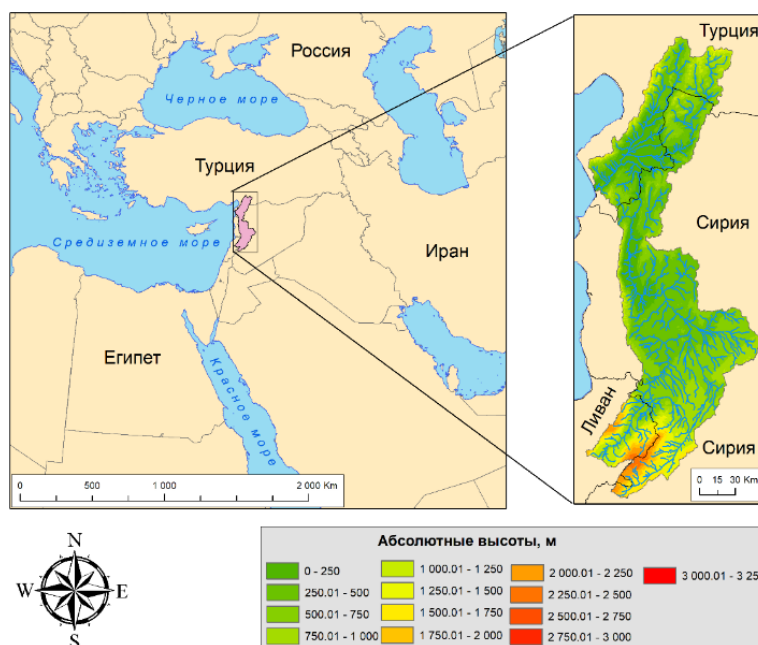
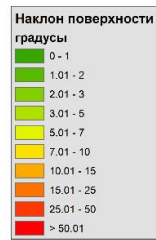
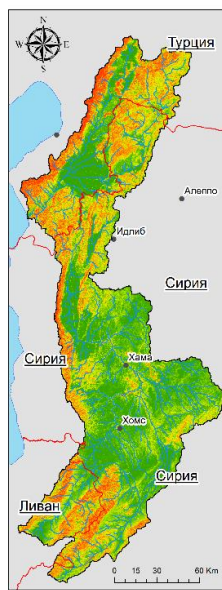
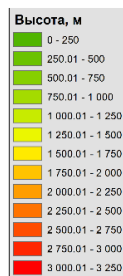
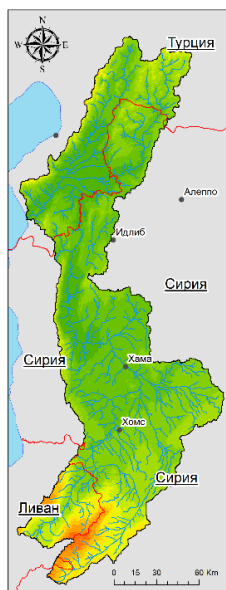


Рис. 1. Географическое положение и абсолютные высоты в бассейне реки Эль-Аси (Оронт) [22].

Бассейн реки Эль-Аси (Оронт) характеризуется значительным перепадом высот (рис.1. а.) от -3.2 м в турецкой части до 3 250 м в сирийских высокогорьях, что формирует чёткую высотную стратификацию с выделением низменностей (0–500 м, включая приустьевые участки Турции и сельскохозяйственные долины Сирии), предгорий (500–1 500 м) и высокогорий (свыше 1 500 м, в особенности хребет Ансария в Сирии с отметками до 3 250 м). Пространственная организация рельефа демонстрирует резкую асимметрию: западный борт (Сирия) выше и круче восточного, что влияет на распределение осадков и стока, а низменные участки Турции (-3.2 м) служат зоной аккумуляции наносов. Высокогорные районы (>2 000 м) играют ключевую роль в питании реки, обеспечивая талые воды и осадки.

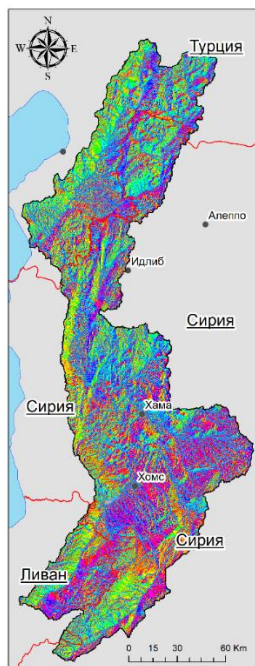
Карта наклона поверхности (рис.1. б.) бассейна реки Эль-Аси (Оронт) демонстрирует выраженную пространственную неоднородность углов наклона, варьирующих от 0° (равнинные участки) до более 50° (крутые склоны), с чётко выраженным градиентом увеличения наклона от центральных частей бассейна к периферийным горным районам.

НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ЭЛЬ-АСИ (ОРОНТ)



а.

б.



с.

Рис. 2. Некоторые морфометрические параметры бассейна реки Эль-Аси (Оронт).
Источник: составлено авторами.

Наибольшие наклона ($>25^\circ$) характерны для приграничных зон Турции и Ливана, где рельеф формируется отрогами горных систем Тавра и Антиливана, что обусловлено тектонической активностью региона. Умеренные наклона ($5\text{--}15^\circ$) преобладают в предгорных районах Сирии (Хама, Хомс), переходя в практически плоские поверхности ($0\text{--}3^\circ$) в аллювиальных долинах и депрессиях, что отражает геоморфологическую эволюцию бассейна под влиянием флювиальных процессов. Особый интерес представляют участки с экстремальными наклонами ($>50^\circ$), локализованные в верховьях притоков, которые являются зонами интенсивной денудации и формирования твёрдого стока. Такое распределение наклонов имеет определяющее значение для гидрологических процессов, влияя на скорость поверхностного стока, инфильтрационный потенциал и риски эрозионных процессов, что необходимо учитывать при разработке схем рационального природопользования в регионе.

Карта экспозиции склонов (рис.1. с.) бассейна реки Эль-Аси (Оронт) демонстрирует преобладание ориентированных в различных направлениях склонов, что отражает сложную морфоструктуру региона и оказывает существенное влияние на микроклиматические условия, распределение солнечной радиации, влажность почвы и, как следствие, на характер растительности и сельскохозяйственное использование территории. Преобладают склоны северной, северо-восточной и юго-западной экспозиций.

Авторами были проведены анализы 13 морфометрических показателей посредством встроенных инструментов программного комплекса ArcGIS, которые дали следующие результаты (табл. 2.).

Морфометрический анализ бассейна реки Эль-Аси (Оронт) свидетельствует о его значительной вытянутости, что подтверждается высоким коэффициентом вытянутости водосбора (8,56) и низким коэффициентом формы (0,12), характерным для узких и протяжённых бассейнов. Большая длина основного водотока (459,6 км) при относительно небольшой средней ширине бассейна (96,4 км) и умеренном среднем уклоне (4,0 м/км) указывает на преобладание продольного стока над боковым, что может способствовать формированию относительно устойчивого гидрологического режима. Коэффициент округлости (2,96) отражает сложную конфигурацию водораздельной линии, обусловленную геоморфологическими особенностями региона, что в совокупности с другими параметрами определяет специфику водосборной территории.

Из всех проанализированных источников, результаты вычислений больше всего схожи на данные из работы [24], где указана площадь бассейна реки Эль-Аси (Оронт) 24 660 км². Кроме того, распределение площади между странами в статье (Сирия — ~69%, Турция — ~22,8%, Ливан — ~8%) также ближе всего к данным из [23] и [24]. Полученные расчёты позволили уточнить некоторые морфометрические характеристики бассейна реки Эль-Аси (Оронт), а также впервые получить новые данные о характеристике бассейна.

**НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ЭЛЬ-АСИ (ОРОНТ)**

Таблица 2.

Некоторые морфометрические характеристики бассейна реки Эль-Аси (Оронт) —
для всего бассейна и его частей (Турция, Сирия, Ливан)

Показатель	Значение			
	Бассейн реки в целом	В пределах Турции	В пределах Сирии	В пределах Ливана
Площадь бассейна, км ²	24668,5	5630,4	17048,4	1989,7
Периметр, км	1645,1	642,3	1300,5	308,1
Наибольшая высота, м	2625,0	2211,5	2625,0	2553,4
Наименьшая высота, м	-3,2	-3,2	85,5	514,3
Средняя высота бассейна реки, м	652,3	497,8	634,7	1320,2
Наибольший наклон поверхности, градусы	64,6	64,6	59,5	51,9
Средний наклон поверхности, градусы	5,86	8,7	4,7	9,4

Источник: составлено авторами.

Таблица 3.

Некоторые морфометрические характеристики бассейна реки Эль-Аси (Оронт)

Показатель	Значение (весь бассейн)
Изрезанность очертаний водораздельной линии бассейна (Коэффициент округлости)	2,96
Длина основного водотока, км	459,6
Параметр формы бассейна (коэффициент вытянутости водосбора)	8,56
Коэффициент формы	0,12
Длина речного бассейна, км	255,9
Средний уклон бассейна реки, м/км	4,0
Средняя ширина бассейна, км	96,4

Источник: составлено авторами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морфометрический анализ водосборных бассейнов играет важную роль в прогнозировании гидрологических явлений, таких как паводки, а также в оценке водных ресурсов. Авторами были проведены анализы 13 морфометрических показателей бассейна реки Эль-Аси (Оронт), а также в пределах территории Турции, Сирии и Ливана. Анализ морфометрических показателей бассейна реки Эль-Аси (Оронт) показывает, что наиболее выраженные различия наблюдаются в пределах Ливана, где средняя высота бассейна (1320,2 м) и средний наклон поверхности (9,4°) значительно превышают значения других стран, тогда как в Турции отмечается наибольший максимальный наклон (64,6°), а в Сирии — наибольшая высота (2625 м) и площадь бассейна (17048,4 км²). При этом Ливан отличается наименьшей площадью бассейна (1989,7 км²) и наибольшей средней высотой, что указывает на более расчленённый и высокогорный рельеф по сравнению с другими частями водосбора. Коэффициент формы (0,12) и вытянутости (8,56) для всего бассейна подчёркивают его значительную удлинённость, что также отражается на гидрологических особенностях реки.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа частично выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Изучение особенностей функционирования и динамики субтропических и тропических прибрежных экосистем в условиях изменения климата и антропогенной нагрузки с использованием методов дистанционных исследований, технологий облачной обработки информации и машинного обучения для создания научных основ их рационального использования» (№ гос. регистрации 124030100030-0).

Список литературы

1. Феклистова Д.С. Применение геоинформационных технологий при изучении русловых процессов и характеристики морфометрии бассейна реки Урал // Студенческие научные общества - экономике регионов: Сборник материалов Международной молодежной научной конференции, Оренбург, 31 октября – 02 2018 года. Том Часть I. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2018. С. 566–570.
2. Табунщик В.А., Горбунов Р.В. Оценка геоэкологического состояния бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2025. 224 с.
3. Табунщик В.А., Горбунов Р.В. Применение концепции экологической ниши при анализе конфликтов природопользования в речных бассейнах (на примере бассейнов рек северо-западного склона Крымских гор) // Социально-экологические технологии. 2023. Т. 13. № 1. С. 77–106.
4. Rahman A., Islam J., Sarkar P. Analysis of Basin Morphometry for the Prioritization Using Geo-Spatial Techniques: A Case Study of Debnala River Basin, Jharkhand, India // Geospatial Practices in Natural Resources Management. Environmental Science and Engineering. Springer, Cham: 2024. P. 355–382 DOI: 10.1007/978-3-031-38004-4_16
5. Quaicoe J., Sapah M. A Novel Approach of the Application of Drainage Morphometry and Analytical Hierarchy Process to the Flood Susceptibility Assessment of the Ungauged Kakum River Basin, Using Remote Sensing Data // Modeling Earth Systems and Environment. 2024. Vol. 11. article number 48. DOI:10.1007/s40808-024-02199-6

НЕКОТОРЫЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСБОРНОГО БАСЕЙНА РЕКИ ЭЛЬ-АСИ (ОРОНТ)

6. Горбунова Т.Ю., Горбунов Р.В., Братанов Н.С., Фам К.Н., Сафонова М.С., Фаерман А.В., Табунщик В.А., Никифорова А.А., Линёва Н.П. Загрязнение почв бассейна реки Фатала (Гвинейская Республика, Западная Африка) тяжелыми металлами и микроэлементами (на основе данных экспедиционных исследований в сухой сезон 2023 г.) // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф., 2–7 сентября 2024 г., Севастополь, Российская Федерация. Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ, 2024. С. 205–206.
7. Игнатьева Д.А., Горбунова Т.Ю., Горбунов Р.В. Оценка микробиомного разнообразия почв бассейна реки Фатала (Гвинейская Республика) и выявление взаимосвязи с загрязнением почв тяжелыми металлами // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность : тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф., 2–7 сентября 2024 г., Севастополь, Российская Федерация. Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2024. С. 207–208.
8. Ozdemir H., Akbaş A. Is There a Consistency in Basin Morphometry and Hydrodynamic Modelling Results in Terms of the Flood Generation Potential of Basins? A Case Study from Ulus River Basin (Türkiye) // Journal of Hydrology. 2023. Vol. 625. 129926. DOI:10.1016/j.jhydrol.2023.129926
9. Погорелов А.В., Думит Ж.А. Рельеф бассейна р. Кубани: Морфологический анализ. Москва: Издательство ГЕОС, 2009. 206 с.
10. Бондарев В.П., Сурков В.В. Морфометрия осыпных склонов в бассейнах малых горных рек // Современные проблемы эрозийных, русловых и устьевых процессов : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XXXI пленарного межвузовского координационного совещания, 26–30 сентября 2016 года. Архангельск: ООО «Издательский центр А3+», 2016. С. 65–66.
11. Вишнякова Е.Д. Морфометрические характеристики бассейна реки Карачан // Державинский форум. 2019. Т. 3. № 10. С. 198.
12. Волков, Н. М. Принципы и методы картометрии. Москва Ленинград: Изд-во и 2-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР, 1950. 328 с.
13. Алали Х., Перминов А.В., Редников С.Н., Алсадек Е.С. Морфометрический анализ бассейн реки ал Кабир ал Шамали в Сирии с использованием изображения ASTER (цифровая модель рельефа) на основе ГИС-Технологии // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2024. Т. 10, № 1. С. 46–58.
14. Rai P. K., Mohan K., Mishra S., Ahmad A., Mishra V. N. A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India // Applied Water Science. 2017. Vol. 7, No. 1. P. 217–232. DOI 10.1007/s13201-014-0238-y.
15. Лучшева А.А. Практическая гидрология. Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. 440 с.
16. Tabunshchik V., Dzhambetova P., Gorbunov R., Gorbunova T., Nikiforova A., Drygval P., Kerimov I., Kiseleva M. Delineation and Morphometric Characterization of Small- and Medium-Sized Caspian Sea Basin River Catchments Using Remote Sensing and GISs // Water. 2025. Vol. 17, iss. 5. Art. no. 679. DOI: 10.3390/w17050679
17. Эль-Аси (Оронт) // Словарь географических названий зарубежных стран / сост. Л. И. Аненберг [и др.]. Москва: Недра, 1986. С. 448.
18. Рожанский И.Д. История естествознания в эпоху эллинизма и Римской империи. М.: Наука, 1988. 448 с.
19. Atlas of the Orontes River Basin / eds. R. Jaubert [et al.]. Geneva: Graduate Institute of International and Development Studies, 2022. 72 p.
20. Orontes River Basin // Inventory of Shared Water Resources in Western Asia / UN, Econ. and Social Commis. for Western Asia [et al.]. Beirut : ESCWA, 2013. Chap. 7. URL: https://waterinventory.org/sites/waterinventory.org/files/chapters/Chapter-07-Orontes-River-Basin-web_1.pdf (дата обращения: 17.01.2025).
21. Shaban A. Rivers of Lebanon: significant water resources under threats // Hydrology / eds: Hromadka T. V., Rao P. London: IntechOpen, 2021. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.94152> (дата обращения: 17.01.2025)
22. Табунщик В.А., Никифорова А.А., Линёва Н.П., Мирзоева Н.Ю., Черный Г.С., Керимов И.А., Махмудова Л.Ш., Гагаева З.Ш., Андрончик Я.О. Динамика типов наземного покрова в бассейне реки Эль-Аси (Оронт) в 2017–2022 гг. // Биоразнообразие и устойчивое развитие. 2023. Т. 8, № 3 (27). С. 40–55.

23. Kloosterman F.H., Vermooten J.S. A. Dutch-Syrian water cooperation: development of a numerical groundwater flow model for the Larger Orontes Basin : final report / The Netherl. Org. – [Netherland] : TNO Built Environment and Geosciences, 2008.
24. Irrigation in the Middle East Region in figures / ed. by K. Frenken ; The Food and Agr. Org. of the UN. Rome : FAO, 2009. 401 p.

SOME MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE EL-ASI (ORONTES) RIVER BASIN

Nikiforova A. A.¹, Tabunshchik V. A.²

*^{1,2}A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
E-mail: ¹nikiforova_a@ibss-ras.ru, ²tabunshchik@ibss-ras.ru*

Rivers play a significant role in natural, economic, and ecological systems. The morphometric characteristics of drainage basins are crucial for understanding hydrological and ecological processes. These parameters, including basin area, river length, and slope, determine water regime characteristics, runoff volume, and water distribution. Under modern environmental challenges such as climate change and anthropogenic impacts, the study of morphometry has become particularly relevant. It allows assessing the influence of natural and artificial factors on water resources and ecosystems, which is essential for developing strategies for their sustainable use and conservation.

The article presents the results of a comprehensive morphometric analysis of the transboundary Orontes River (El-Asi) basin, which is of significant economic importance for Middle Eastern countries. The study was conducted using modern geoinformation technologies (ArcGIS) and remote sensing data. It was established that the catchment area covers 24,660 km² with an uneven distribution among countries: Syria — 69% (17,048 km²), Turkey — 22.8% (5,633 km²), Lebanon — 8% (1,989 km²). Significant elevation differences were identified, ranging from -3.2 m in the Turkish part to 3,250 m in the Syrian highlands, creating distinct altitudinal landscape differentiation.

Analysis of 13 key morphometric indicators revealed high basin elongation (elongation ratio 8.56), complex watershed configuration (circularity ratio 2.96), and predominant longitudinal flow (average slope 4.0 m/km). Particular attention was paid to the spatial heterogeneity of surface slope angles (0–64.6°), with maximum values characteristic of border zones between Turkey and Lebanon. The obtained results enable prediction of runoff formation patterns, assessment of erosion risks and flood hazards, and development of adaptive water resource management strategies under climate change conditions.

The research contributes to the advancement of morphometric analysis methods for transboundary river basins and has practical significance for addressing water management issues in the region.

Keywords: morphometry, transboundary basin, GIS analysis, hydrological processes, water resources management, Orontes River (El-Asi), river basin.

References

1. Feklistova D.S. Primenenie geoinformacionnyh tekhnologij pri izuchenii ruslovyh processov i harakteristiki morfometrii bassejna reki Ural [Application of geoinformation technologies in studying channel processes and morphometric characteristics of the Ural River basin] // *Studencheskie nauchnye obshchestva - ekonomike regionov: Sbornik materialov Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii*, Orenburg, 31 oktyabrya – 02 2018 goda. Tom Chast' I. Orenburg: Orenburgskij gosudarstvennyj universitet, 2018. S. 566–570. (in Russian)
2. Tabunshchik V.A., Gorbunov R.V. Ocenka geoeologicheskogo sostoyaniya bassejnov rek severo-zapadnogo sklona Krymskih gor [Geoecological assessment of river basins on the northwestern slope of the Crimean Mountains]. Simferopol': IT «ARIAL», 2025. 224 s. (in Russian)
3. Tabunshchik V.A., Gorbunov R.V. Primenenie koncepcii ekologicheskoy nishi pri analize konfliktov prirodopol'zovaniya v rechnykh bassejnah (na primere bassejnov rek severo-zapadnogo sklona Krymskih gor) [Application of the ecological niche concept in analyzing land-use conflicts in river basins (case study of basins on the northwestern slope of the Crimean Mountains)] // *Social'no-ekologicheskie tekhnologii*. 2023. T. 13. № 1. S. 77–106. (in Russian)
4. Rahman A., Islam J., Sarkar P. Analysis of Basin Morphometry for the Prioritization Using Geo-Spatial Techniques: A Case Study of Debnala River Basin, Jharkhand, India // *Geospatial Practices in Natural Resources Management. Environmental Science and Engineering*. Springer, Cham: 2024. R. 355–382 DOI: 10.1007/978-3-031-38004-4_16
5. Quaiocoe J., Sapah M. A Novel Approach of the Application of Drainage Morphometry and Analytical Hierarchy Process to the Flood Susceptibility Assessment of the Ungauged Kakum River Basin, Using Remote Sensing Data // *Modeling Earth Systems and Environment*. 2024. Vol. 11. article number 48. DOI:10.1007/s40808-024-02199-6
6. Gorbunova T.Yu., Gorbunov R.V., Bratanov N.S., Fam K.N., Safonova M.S., Faerman A.V., Tabunshchik V.A., Nikiforova A.A., Linyova N.P. Zagryaznenie pochv bassejna reki Fatala (Gvinejskaya Respublika, Zapadnaya Afrika) tyazhelymi metallami i mikroelementami (na osnove dannyh ekspedicionnyh issledovanij v suhoj sezon 2023 g.) [Heavy metal and trace element contamination of soils in the Fatala River basin (Republic of Guinea, West Africa) based on expedition research during the dry season of 2023] // *Izuchenie vodnyh i nazemnyh ekosistem: istoriya i sovremennost' : tez. dokl. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 2–7 sentyabrya 2024 g., Sevastopol', Rossijskaya Federaciya. Sevastopol': FIC InBYuM*, 2024. S. 205–206. (in Russian)
7. Ignat'eva D.A., Gorbunova T.Yu., Gorbunov R.V. Ocenka mikrobiomnogo raznoobraziya pochv bassejna reki Fatala (Gvinejskaya Respublika) i vyyavlenie vzaimosvyazi s zagryazneniem pochv tyazhelymi metallami [Assessment of microbiome diversity in soils of the Fatala River basin (Republic of Guinea) and identification of relationships with heavy metal contamination] // *Izuchenie vodnyh i nazemnyh ekosistem: istoriya i sovremennost' : tez. dokl. III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 2–7 sentyabrya 2024 g., Sevastopol', Rossijskaya Federaciya. Sevastopol' : FIC InBYuM*, 2024. S. 207–208.
8. Ozdemir H., Akbaş A. Is There a Consistency in Basin Morphometry and Hydrodynamic Modelling Results in Terms of the Flood Generation Potential of Basins? A Case Study from Ulus River Basin (Türkiye) // *Journal of Hydrology*. 2023. Vol. 625. 129926. DOI:10.1016/j.jhydrol.2023.129926
9. Pogorelov A.V., Dumit Zh.A. Rel'ef bassejna r. Kubani: Morfologicheskij analiz [Relief of the Kuban River Basin: Morphological Analysis]. Moskva: Izdatel'stvo GEOS, 2009. 206 s. (in Russian)
11. Bondarev V.P., Surkov V.V. Morfometriya osypnyh sklonov v bassejnah malyh gornyh rek / V. P. Bondarev, V.V. Surkov [Morphometry of scree slopes in small mountain river basins] // *Sovremennyye problemy erozionnyh, ruslovyh i ust'evykh processov : materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem i XXXI plenarnogo mezhvuzovskogo koordinacionnogo soveshchaniya*, Arhangel'sk, 26–30 sentyabrya 2016 goda. Arhangel'sk: OOO «Izdatel'skij centr A3+», 2016. S. 65–66. (in Russian)
12. Vishnyakova E.D. Morfometricheskie harakteristiki bassejna reki Karachan [Morphometric characteristics of the Karachan River basin] // *Derzhavinskij forum*. 2019. T. 3. № 10. S. 198.
13. Volkov, N.M. Principy i metody kartometrii [Principles and methods of cartometry]. Moskva Leningrad: Izd-vo i 2-ya tip. Izd-va Akad. nauk SSSR, 1950. 328 s.

14. Alali H., Perminov A.V., Rednikov S.N., Alsadek E.S. Morfometricheskij analiz bassejn reki al Kabir al Shamali v Sirii s ispol'zovaniem izobrazheniya ASTER (cifrovaya model' rel'efa) na osnove GIS-Tekhnologii // Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii. 2024. T. 10, № 1. S. 46–58.
15. Rai P.K., Mohan K., Mishra S., Ahmad A., Mishra V. N. A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, India // Applied Water Science. 2017. Vol. 7, No. 1. P. 217–232. DOI 10.1007/s13201-014-0238-y. EDN PWQYTT.
16. Luchsheva A.A. Prakticheskaya gidrologiya [Practical hydrology]. Leningrad : Gidrometeoizdat, 1976. 440 s.
17. Tabunshchik V., Dzhambetova P., Gorbunov R., Gorbunova T., Nikiforova A., Drygval P., Kerimov I., Kiseleva M. Delineation and Morphometric Characterization of Small- and Medium-Sized Caspian Sea Basin River Catchments Using Remote Sensing and GISs // Water. 2025. Vol. 17, iss. 5. Art. no. 679. DOI: 10.3390/w17050679
18. El'-Asi (Oront) // Slovar' geograficheskikh nazvanij zarubezhnyh stran / sost. L. I. Anenberg [i dr.]. Moskva: Nedra, 1986. S. 448.
19. Rozhanskij I. D. Istoriya estestvoznaniya v epohu ellinizma i Rimskoj imperii [History of Natural Science in the Hellenistic and Roman Empire Periods]. Moskva : Nauka, 1988. 448 s.
20. Atlas of the Orontes River Basin / eds. R. Jaubert [et al.]. Geneva: Graduate Institute of International and Development Studies, 2022. 72 p.
21. Orontes River Basin // Inventory of Shared Water Resources in Western Asia / UN, Econ. and Social Commis. for Western Asia [et al.]. Beirut : ESCWA, 2013. Chap. 7. URL: https://waterinventory.org/sites/waterinventory.org/files/chapters/Chapter-07-Orontes-River-Basin-web_1.pdf (data obrashcheniya: 17.01.2025).
22. Shaban A. Rivers of Lebanon: significant water resources under threats // Hydrology / eds: Hromadka T. V., Rao P. – London: IntechOpen, 2021. URL: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.94152> (data obrashcheniya: 17.01.2025)
23. Tabunshchik V. A., Nikiforova A. A., Linyova N. P., Mirzoeva N. Yu., Chernyj G. S., Kerimov I. A., Mahmudova L. Sh., Gagaeva Z. Sh., Andronchik Ya. O. Dinamika tipov nazemnogo pokrova v bassejne reki El'-Asi (Oront) v 2017–2022 gg. [Land cover type dynamics in the El-Asi (Orontes) River basin in 2017-2022] // Bioraznoobrazie i ustojchivoe razvitie. 2023. T. 8, № 3 (27). S. 40–55. (in Russian)
24. Kloosterman F. H., Vermooten J. S. A. Dutch-Syrian water cooperation: development of a numerical groundwater flow model for the Larger Orontes Basin : final report / The Netherl. Org. – [Netherlands] : TNO Built Environment and Geosciences, 2008.
25. Irrigation in the Middle East Region in figures / ed. by K. Frenken ; The Food and Agr. Org. of the UN. Rome : FAO, 2009. 401 p.

Поступила в редакцию 03.04.2025 г.